

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-071995

(43)Date of publication of application : 12.03.2002

(51)Int.Cl.

G02B 6/16

G02B 6/22

H04B 10/02

H04B 10/18

(21)Application number : 2000-265736

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 01.09.2000

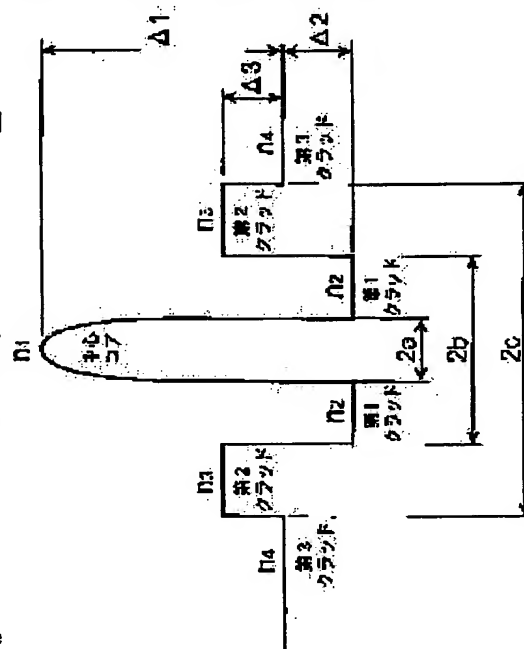
(72)Inventor : KATO TAKATOSHI
HIRANO MASAOKI

(54) NEGATIVE DISPERSION OPTICAL FIBER AND OPTICAL TRANSMISSION LINE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a negative dispersion optical fiber, etc., capable of compensating the wavelength dispersion of a positive dispersion optical fiber by a short length in a signal light wavelength band.

SOLUTION: As for the negative dispersion optical fiber, in a wavelength 1,550 nm, wavelength dispersion D2 is ≤ -150 ps/nm/km, the ratio of the dispersion D2 and a dispersion slope S2 ($S2/D2$) is $\geq 2.0 \times 10^{-3}/\text{nm}$ and $\leq 4.7 \times 10^{-3}/\text{nm}$, and an effective cross-sectional area is $\geq 12 \mu\text{m}^2$ and $< 25 \mu\text{m}^2$. The negative dispersed light fiber has a center core area (a refractive index n_1 , a diameter $2a$) including the center of an optical axis, the first clad area (a refractive index n_2 , a diameter $2b$) surrounding this center core area, the second clad area (a refractive index n_3 , a diameter $2c$) surrounding this first clad area and the third clad area (a refractive index n_4) surrounding this second clad area in an order from the center of the optical axis. The large/small relation of the refractive indexes of the respective areas is $n_1 > n_2$, $n_2 > n_3$ and $n_3 > n_4$.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2002-71995

(P 2002-71995 A)

(43) 公開日 平成14年3月12日 (2002. 3. 12)

(51) Int. Cl. 7	識別記号	F I	テーマコード (参考)
G 0 2 B	6/16	G 0 2 B	2H050
	6/22		5K002
H 0 4 B	10/02	H 0 4 B	M
	10/18		

審査請求 未請求 請求項の数 16

O L

(全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2000-265736 (P2000-265736)

(22) 出願日 平成12年9月1日 (2000. 9. 1)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 加藤 考利

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 平野 正晃

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

F ターム (参考) 2H050 AC36 AC71 AC75 AC76 AC81

AD00

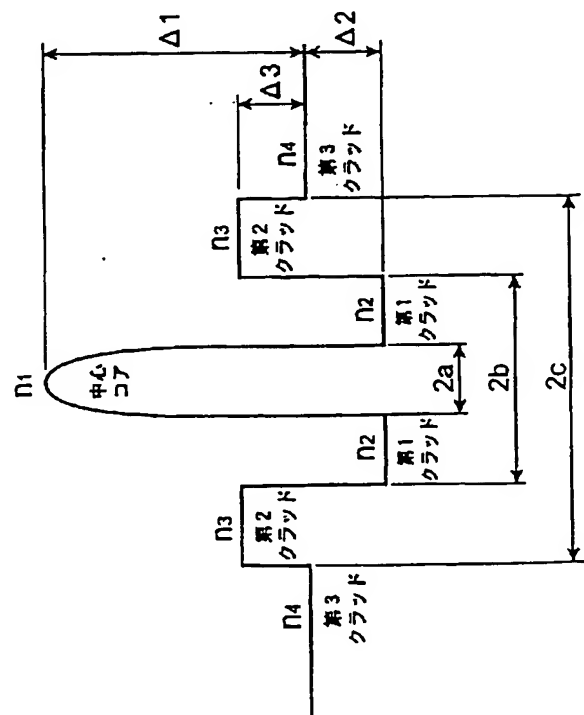
5K002 CA01 DA02 FA02

(54) 【発明の名称】 負分散光ファイバおよび光伝送路

(57) 【要約】

【課題】 信号光波長帯域において正分散光ファイバの波長分散を短尺で補償することができる負分散光ファイバ等を提供する。

【解決手段】 負分散光ファイバは、波長1550nmにおいて、波長分散 D_2 が -150ps/nm/km 以下であり、波長分散 D_2 と分散スロープ S_2 との比(S_2/D_2)が $2.0 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以上 $4.7 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以下であり、実効断面積が $12\mu\text{m}^2$ 以上 $25\mu\text{m}^2$ 未満である。負分散光ファイバは、光軸中心から順に、光軸中心を含む中心コア領域(屈折率 n_1 、外径 $2a$)と、この中心コア領域を取り囲む第1クラッド領域(屈折率 n_2 、外径 $2b$)と、この第1クラッド領域を取り囲む第2クラッド領域(屈折率 n_3 、外径 $2c$)と、この第2クラッド領域を取り囲む第3クラッド領域(屈折率 n_4)とを有する。各領域の屈折率の大小関係は $n_1 > n_2$ 、 $n_2 < n_3$ 、 $n_3 > n_4$ である。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 波長 1550 nm において、波長分散 D が -1.50 ps/nm/km 以下であり、波長分散 D と分散スロープ S との比 (S/D) が $2.0 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以上 $4.7 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以下であり、実効断面積が $12 \mu\text{m}^2$ 以上 $25 \mu\text{m}^2$ 未満であることを特徴とする負分散光ファイバ。

【請求項 2】 前記波長分散 D が -180 ps/nm/km 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の負分散光ファイバ。

【請求項 3】 前記実効断面積が $20 \mu\text{m}^2$ 未満であることを特徴とする請求項 1 記載の負分散光ファイバ。

【請求項 4】 波長 1550 nm において、波長分散 D が -200 ps/nm/km 以下であり、波長分散 D と分散スロープ S との比 (S/D) が $2.0 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以上 $4.7 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以下であることを特徴とする負分散光ファイバ。

【請求項 5】 前記比 (S/D) が $2.7 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以上 $4.0 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以下であることを特徴とする請求項 1 または 4 に記載の負分散光ファイバ。

【請求項 6】 カットオフ波長が $1.0 \mu\text{m}$ 以上 $2.0 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 1 または 4 記載の負分散光ファイバ。

【請求項 7】 波長 1550 nm における伝送損失が 1.0 dB/km 以下であることを特徴とする請求項 1 または 4 に記載の負分散光ファイバ。

【請求項 8】 波長 1550 nm における伝送損失が 0.7 dB/km 以下であることを特徴とする請求項 7 記載の負分散光ファイバ。

【請求項 9】 光軸中心を含み第 1 の屈折率を有する中心コア領域と、

この中心コア領域を取り囲み前記第 1 の屈折率より小さい第 2 の屈折率を有する第 1 クラッド領域と、

この第 1 クラッド領域を取り囲み前記第 2 の屈折率より大きい第 3 の屈折率を有する第 2 クラッド領域と、

この第 2 クラッド領域を取り囲み前記第 3 の屈折率より小さい第 4 の屈折率を有する第 3 クラッド領域とを有することを特徴とする請求項 1 または 4 記載の負分散光ファイバ。

【請求項 10】 前記第 3 の屈折率を基準としたときの前記中心コア領域の比屈折率差が 1.8% 以上 3.0% 以下であることを特徴とする請求項 9 記載の負分散光ファイバ。

【請求項 11】 波長 1550 nm において、波長分散が $+15 \text{ ps/nm/km}$ 以上 $+21 \text{ ps/nm/km}$ 以下であり、分散スロープが $+0.05 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以上 $+0.07 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下である正分散光ファイバと、

波長 1550 nm において、波長分散 D が -150 ps/nm/km 以下であり、波長分散 D と分散スロープ S

2

との比 (S/D) が $2.0 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以上 $4.7 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以下であり、実効断面積が $12 \mu\text{m}^2$ 以上 $25 \mu\text{m}^2$ 未満である負分散光ファイバとが接続されることを特徴とする光伝送路。

【請求項 12】 波長 1550 nm において、波長分散が $+15 \text{ ps/nm/km}$ 以上 $+21 \text{ ps/nm/km}$ 以下であり、分散スロープが $+0.05 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以上 $+0.07 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下である正分散光ファイバと、

10 波長 1550 nm において、波長分散 D が -200 ps/nm/km 以下であり、波長分散 D と分散スロープ S との比 (S/D) が $2.0 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以上 $4.7 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以下である負分散光ファイバとが接続されることを特徴とする光伝送路。

【請求項 13】 波長帯域 1530 nm～1560 nm における全体の平均の波長分散の偏差が 0.5 ps/nm/km 以下であることを特徴とする請求項 11 または 12 に記載の光伝送路。

【請求項 14】 波長帯域 1450 nm～1560 nm における全体の平均の波長分散の偏差が 2.0 ps/nm/km 以下であることを特徴とする請求項 11 または 12 に記載の光伝送路。

【請求項 15】 波長帯域 1450 nm～1610 nm における全体の平均の波長分散の偏差が 4.0 ps/nm/km 以下であることを特徴とする請求項 11 または 12 に記載の光伝送路。

【請求項 16】 波長帯域 1450 nm～1610 nm における全体の平均の波長分散の偏差が 2.0 ps/nm/km 以下であることを特徴とする請求項 15 記載の光伝送路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、信号光波長帯域において波長分散が正である正分散光ファイバとともに用いられ該正分散光ファイバの波長分散を補償する負分散光ファイバ、および、これらの正分散光ファイバと負分散光ファイバとが接続された光伝送路に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 光伝送システムは、光ファイバからなる光伝送路に信号光を伝送させて長距離・大容量の通信を行うものである。一般に光伝送路として用いられる石英系光ファイバの伝送損失は波長 $1.55 \mu\text{m}$ 付近で最小となる。また、波長 $1.55 \mu\text{m}$ 付近の信号光を増幅することができる EDFA 元素添加光ファイバ増幅器 (EDFA: Erbium-Doped Fiber Amplifier) が実用化されている。そこで、信号光の波長帯域として C バンド (波長帯域 1530 nm～1560 nm) が主に用いられている。また、近年では、波長 $1.58 \mu\text{m}$ 付近の信号光を増幅することができる EDFA も開発されたことか

50

ら、Lバンド（波長帯域1570nm～1610nm）も用いられるようになってきている。また、更なる大容量伝送を図る為に、Sバンド（波長帯域1450nm～1530nm）をも用いることが検討されている。

【0003】また、波長多重（WDM: Wavelength Division Multiplexing）光伝送システムは、Sバンド、CバンドまたはLバンドに含まれる多波長の信号光を波長多重して光伝送するものであり、大容量の情報を伝送することができる。WDM光伝送システムでは、更なる大容量化が求められており、このことより、光伝送路の全

体の波長分散の絶対値が広い波長帯域で小さいことが要求されている。

【0004】しかし、光伝送路として通常用いられる光ファイバは、Sバンド、CバンドおよびLバンドにおいて、波長分散が正であり、また、分散スロープも正である。例えば、波長1.3μm付近に零分散波長を有する標準的なシングルモード光ファイバは、波長1.55μmにおける波長分散が+16ps/nm/km～+21ps/nm/km程度である。また、波長1.55μm付近に零分散波長を有する非零分散シフト光ファイバは、波長1.55μmにおける波長分散が+2ps/nm/km～+12ps/nm/km程度である。これらシングルモード光ファイバおよび非零分散シフト光ファイバの何れも、Sバンド、CバンドおよびLバンドにおける分散スロープが正である。

【0005】このような波長分散が正である光ファイバ（以下では「正分散光ファイバ」と呼ぶ。）のみを用いて光伝送路を構成したのでは、この光伝送路の累積波長分散が大きくなり、これに因り信号光の波形劣化が生じるので、長距離・大容量の光伝送を行うことが困難である。そこで、波長分散が負である光ファイバ（以下では「負分散光ファイバ」と呼ぶ。）と正分散光ファイバとを接続して光伝送路を構成することで、正分散光ファイバの波長分散を負分散光ファイバにより補償して、この光伝送路の全体の波長分散の絶対値を小さくし、これに因り信号光の波形劣化を抑制して、長距離化・大容量化を図っている。

【0006】このような負分散光ファイバは、例えば、特開平6-11620号公報、特開平8-136758号公報および特開平8-313750号公報などの各公報に開示されている他、多くの文献にも記載されている。これらの公報に記載されたものを含め、従来の負分散光ファイバは、一般に図14に示したような屈折率プロファイルを有している。すなわち、従来の負分散光ファイバは、光軸中心を含む中心コア領域（屈折率 n_1 、外径 $2a$ ）と、この中心コア領域を取り囲む第1クラッド領域（屈折率 n_2 、外径 $2b$ ）と、この第1クラッド領域を取り囲む第2クラッド領域（屈折率 n_3 ）とを有しており、各屈折率の大小関係が $n_1 > n_3 > n_2$ である。

【0007】より具体的には、従来の負分散光ファイバは、例えば、中心コア領域の外径 $2a$ が3.2μmであり、第1クラッド領域の外径 $2b$ が8.1μmである。また、第2クラッド領域の屈折率 n_3 を基準としたときに、中心コア領域の比屈折率差 Δ_1 が2.1%であり、第1クラッド領域の比屈折率差 Δ_2 が-0.35%である。この負分散光ファイバの波長1550nmにおける諸特性は、波長分散が-88ps/nm/kmであり、分散スロープが-0.19ps/nm²/kmであり、実効断面積が16.2μm²であり、曲げ径20mmφでの曲げ損失が6dB/mであり、伝送損失が0.39dB/kmであり、また、カットオフ波長（長さ2mの光ファイバを半径140mmでゆるく1回巻きつけた状態でのLP₁₁モードのカットオフ波長）が0.74μmである。

【0008】一方、正分散光ファイバは、波長1550nmにおいて、例えば、波長分散が+17ps/nm/kmであり、分散スロープが+0.057ps/nm²/kmである。この正分散光ファイバの長さが80kmであるときに、この正分散光ファイバの波長分散を上記従来の負分散光ファイバで補償しようとする、負分散光ファイバは15.9kmの長さが必要となる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところで、一般に、正分散光ファイバと比べて負分散光ファイバは伝送損失が大きい。上記の例では、負分散光ファイバにより信号光は6.2dBもの損失を被る。また、負分散光ファイバがモジュール化される場合には、負分散光ファイバの両端に通常の短尺の正分散光ファイバが接続され、その結果、信号光は7.2dB程度の損失を被る。

【0010】また、上記の例の正分散光ファイバと負分散光ファイバとが接続されて構成される光伝送路の全体の平均波長分散特性は、図15に示すように、波長1540nmでは平均波長分散が0になってはいないものの、この波長から離れるに従い平均波長分散の絶対値が大きくなる。波長帯域1530nm～1560nmにおける平均波長分散の偏差（最大値-最小値）は0.68ps/nm/kmであり、波長帯域1450nm～1560nmにおける平均波長分散の偏差は3.70ps/nm/kmであり、また、波長帯域1450nm～1610nmにおける平均波長分散の偏差は4.18ps/nm/kmである。このように、信号光波長帯域における偏差が大きいため、WDM伝送の長距離化・大容量化を図るにも限界がある。

【0011】本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、信号光波長帯域において正分散光ファイバの波長分散を短尺で補償することができる負分散光ファイバ、および、この負分散光ファイバを含みWDM伝送の長距離化・大容量化を図ることができる光伝送路を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明に係る負分散光ファイバは、波長1550nmにおいて、波長分散Dが -150ps/nm/km 以下（より好適には -180ps/nm/km 以下）であり、波長分散Dと分散スロープSとの比（ S/D ）が $2.0 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以上 $4.7 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以下であり、実効断面積が $12\mu\text{m}^2$ 以上 $25\mu\text{m}^2$ 未満（より好適には $20\mu\text{m}^2$ 未満）であることを特徴とする。或いは、本発明に係る負分散光ファイバは、波長1550nmにおいて、波長分散Dが -200ps/nm/km 以下であり、波長分散Dと分散スロープSとの比（ S/D ）が $2.0 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以上 $4.7 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以下であることを特徴とする。

【0013】この負分散光ファイバの波長分散Dが小さい（符号が負で絶対値が大きい）ので、正分散光ファイバと負分散光ファイバとが接続されてなる光伝送路において、負分散光ファイバの長さ比を小さくすることができる。これにより、光伝送路の平均伝送損失を小さくことができ、また、低コスト化を図ることができる。また、比（ S/D ）が $2.0 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以上 $4.7 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以下であることにより、分散スロープ補償率が60%～140%程度になり、これにより、光伝送路の全体の平均の波長分散および分散スロープそれぞれの絶対値を共に小さくすることができ、信号光波長帯域における光伝送路の全体の平均波長分散の偏差（最大値-最小値）を小さくすることができる。また、実効断面積が $12\mu\text{m}^2$ 以上であれば、従来のものと同程度以上であり、負分散光ファイバにおける非線形光学現象の発生が抑制される。実効断面積が $25\mu\text{m}^2$ 未満（より好適には $20\mu\text{m}^2$ 未満）であれば、複数のものが束ねられてケーブル化された場合や、コイル状に巻かれモジュール化された場合であっても、負分散光ファイバの損失が小さい。

【0014】また、本発明に係る負分散光ファイバは、比（ S/D ）が $2.7 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以上 $4.0 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以下であることを特徴とする。この場合には、分散スロープ補償率が80%～120%程度になり、これにより、光伝送路の全体の平均の波長分散および分散スロープそれぞれの絶対値を共に更に小さくことができ、信号光波長帯域における光伝送路の全体の平均波長分散の偏差を更に小さくすることができる。

【0015】また、本発明に係る負分散光ファイバは、カットオフ波長が $1.0\mu\text{m}$ 以上 $2.0\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。この場合には、負分散光ファイバの曲げ損失を小さくすることができる。

【0016】また、本発明に係る負分散光ファイバは、波長1550nmにおける伝送損失が 1.0dB/km 以下（より好適には 0.7dB/km 以下）であることを特徴とする。この場合には、光伝送路の全体の平均伝送損失を小さくすることができる。

【0017】また、本発明に係る負分散光ファイバは、(1) 光軸中心を含み第1の屈折率を有する中心コア領域と、(2) この中心コア領域を取り囲み第1の屈折率より小さい第2の屈折率を有する第1クラッド領域と、(3) この第1クラッド領域を取り囲み第2の屈折率より大きい第3の屈折率を有する第2クラッド領域と、(4) この第2クラッド領域を取り囲み第3の屈折率より小さい第4の屈折率を有する第3クラッド領域とを有することを特徴とする。このような屈折率プロファイルを有することにより、負分散光ファイバは前述した諸特性を有するものとしてでき、特に、カットオフ波長を長くして曲げ損失を小さくすることができる点で好適である。また、第3の屈折率を基準としたときの中心コア領域の屈折率差が1.8%以上3.0%以下であるのが好適であり、この場合には、カットオフ波長を長くして曲げ損失を小さくすることができる。

【0018】本発明に係る光伝送路は、波長1550nmにおいて波長分散が $+15\text{ps/nm/km}$ 以上 $+21\text{ps/nm/km}$ 以下であり分散スロープが $+0.05\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 以上 $+0.07\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 以下である正分散光ファイバと、上記の本発明に係る負分散光ファイバとが接続されてなることを特徴とする。この光伝送路は、信号光波長帯域において波長分散および分散スロープの双方が小さい（符号が負で絶対値が大きい）負分散光ファイバを用いて正分散光ファイバの波長分散を補償するものである。これにより、光伝送路の全体における負分散光ファイバの長さ比を小さくして、光伝送路の全体の伝送損失を小さくすることができる。また、この光伝送路は、波長分散および分散スロープの双方が補償されるので、信号光波長帯域に亘って全体の波長分散の絶対値を小さくすることができ、WDM伝送の長距離化・大容量化を図ることができる。好適には、波長帯域1530nm～1560nmにおける全体の平均の波長分散の偏差が 0.5ps/nm/km 以下であり、波長帯域1450nm～1560nmにおける全体の平均の波長分散の偏差が 2.0ps/nm/km 以下であり、また、波長帯域1450nm～1610nmにおける全体の平均の波長分散の偏差が 4.0ps/nm/km 以下（より好適には 2.0ps/nm/km 以下）である。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0020】図1は、本実施形態に係る光伝送路1の概略構成図である。この光伝送路1は、波長1550nmにおいて波長分散が正である正分散光ファイバ20と、波長1550nmにおいて波長分散が負である本実施形態に係る負分散光ファイバ10とが接続されたものであ

る。一般に、正分散光ファイバ20と比べて負分散光ファイバ10は実効断面積が小さいので、非線形光学現象の発生を抑制する為に、信号光は正分散光ファイバ20を伝搬した後に負分散光ファイバ10を伝搬するのが好適である。

【0021】正分散光ファイバ20は、一般に中継区間に敷設されており、波長1.3μm付近において波長分散が0になるシングルモード光ファイバである。すなわち、この正分散光ファイバ20は、波長1.55μmにおいて波長分散 D_1 が+15ps/nm/km以上+21ps/nm/km以下であり、分散スロープ S_1 が+0.05ps/nm²/km以上+0.07ps/nm²/km以下である負分散光ファイバ10は、正分散光ファイバ20と融着接続されて中継区間に敷設されているのもよいし、コイル状に巻かれモジュール化されて中継器または受信器に設けられていてもよい。負分散光ファイバ10が正分散光ファイバ20とともに中継区間に敷設される場合には、累積伝送損失が小さくなるので好適である。また、正分散光ファイバ20と負分散光ファイバ10とは融着接続されているのが好適であり、この場合には、融着接続作業の際の加熱に因るモードフィールド径の拡大により接続損失が小さい。

【0022】この負分散光ファイバ10は、波長1550nmにおいて、波長分散 D_2 が-150ps/nm/km以下（より好適には-180ps/nm/km以下）であり、波長分散 D_2 と分散スロープ S_2 との比（ S_2/D_2 ）が $2.0 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以上 $4.7 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以下であり、実効断面積が $12\mu\text{m}^2$ 以上 $25\mu\text{m}^2$ 未満である。或いは、この負分散光ファイバ10は、波長1550nmにおいて、波長分散 D_2 が-200ps/nm/km以下であり、波長分散 D_2 と分散スロープ S_2 との比（ S_2/D_2 ）が $2.0 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以上 $4.7 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以下である。

【0023】波長分散 D_2 が小さい（符号が負で絶対値が大きい）ほど、光伝送路1における負分散光ファイバ10の長さ比を小さくすることができるので、光伝送路1の平均伝送損失を小さくする上で好適であり、また、低コスト化を図る上でも好適である。また、比（ S_2/D_2 ）が $2.0 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以上 $4.7 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以下であれば、分散スロープ補償率 η は60%~140%程度になる。より好適には、比（ S_2/D_2 ）が $2.7 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以上 $4.0 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以下であれば、分散スロープ補償率 η は80%~120%程度になる。なお、分散スロープ補償率 η （%）は、
$$\eta = 100 \times (S_2/D_2) / (S_1/D_1) \quad \dots (1)$$

なる式で定義され、その値が100%に近いほど、光伝送路1の全体の平均の波長分散および分散スロープそれぞれの絶対値を共に小さくすることができ、信号光波長帯域における光伝送路1の全体の平均波長分散の偏差（最大値-最小値）を小さくすることができる。

【0024】また、負分散光ファイバ10は、実効断面積が小さいほど曲げに強くなり、実効断面積が $25\mu\text{m}^2$ 未満であれば、複数のものが束ねられてケーブル化された場合や、コイル状に巻かれモジュール化された場合であっても、損失が小さい。また、実効断面積が $12\mu\text{m}^2$ 以上であれば、従来のものと同程度以上であり、負分散光ファイバ10における非線形光学現象の発生が抑制される。好適には、負分散光ファイバ10は、カットオフ波長が1.0μm以上2.0μm以下であり、このようにすることで曲げ損失を小さくすることができる。なお、カットオフ波長が信号光波長より長くても2.0μm以下であれば、カットオフ波長の距離依存性により、或いは、コイル状に巻かれモジュール化された場合の高次モードの損失により、実効的なカットオフ波長が短くなり、負分散光ファイバ10は信号光波長においてシングルモードとなる。さらに、好適には、負分散光ファイバ10は、波長1550nmにおける伝送損失が1.0dB/km以下（より好適には0.7dB/km以下）であり、このようにすることで光伝送路1の全体の平均伝送損失を小さくすることができる。

【0025】この光伝送路1は、信号光波長帯域において波長分散および分散スロープの双方が小さい（符号が負で絶対値が大きい）負分散光ファイバ10を用いて正分散光ファイバ20の波長分散を補償するものである。これにより、光伝送路1の全体における負分散光ファイバ10の長さ比を小さくして、光伝送路1の全体の伝送損失を小さくすることができる。また、この光伝送路1は、波長分散および分散スロープの双方が補償されるので、信号光波長帯域に亘って全体の波長分散の絶対値を小さくすることができ、WDM伝送の長距離化・大容量化を図る上で好適である。

【0026】特に、この光伝送路1は、Sバンド（波長帯域1450nm~1530nm）、Cバンド（波長帯域1530nm~1560nm）またはLバンド（波長帯域1570nm~1610nm）における全体の波長分散の偏差が小さく、良好な伝送特性を得る上で好適である。好適には、波長帯域1530nm~1560nmにおける全体の平均の波長分散の偏差が0.5ps/nm/km以下である。波長帯域1450nm~1560nmにおける全体の平均の波長分散の偏差が2.0ps/nm/km以下である。また、波長帯域1450nm~1610nmにおける全体の平均の波長分散の偏差が4.0ps/nm/km以下（より好適には2.0ps/nm/km以下）である。

【0027】図2は、本実施形態に係る負分散光ファイバの屈折率プロファイルを示す図である。本実施形態に係る負分散光ファイバは、光軸中心から順に、光軸中心を含む中心コア領域（屈折率 n_1 、外径2a）と、この中心コア領域を取り囲む第1クラッド領域（屈折率 n_2 、外径2b）と、この第1クラッド領域を取り囲む

第2クラッド領域(屈折率 n_3 、外径 $2c$)と、この第2クラッド領域を取り囲む第3クラッド領域(屈折率 n_4 、一般に外径 $125\mu\text{m}$)とを有する。各領域の屈折率の大小関係は $n_1 > n_2$ 、 $n_2 < n_3$ 、 $n_3 > n_4$ である。

【0028】このような屈折率プロファイルを有する負分散光ファイバは、石英系ガラスをベースとして、例えば、中心コア領域および第2クラッド領域それぞれに適量の GeO_2 を添加し、第1クラッド領域に適量のF元素を添加することで実現することができる。なお、この図1で、第3クラッド領域の屈折率 n_4 を基準として、中心コア領域の比屈折率差を Δ_1 で示し、第1クラッド領域の比屈折率差を Δ_2 で示し、また、第2クラッド領域の比屈折率差を Δ_3 で示している。

【0029】本実施形態に係る負分散光ファイバ10は、この図2に示す屈折率プロファイルを有することにより、前述した諸特性を有するものとすることができる。特に、この図2に示す屈折率プロファイルを有する負分散光ファイバ10は、図14に示す屈折率プロファイルを有する従来の負分散光ファイバと比較して、カットオフ波長を長くして曲げ損失を小さくすることができるので好適である。また、中心コア領域の比屈折率差 Δ_1 が1.8%以上3.0%以下であれば、カットオフ波長を長くして曲げ損失を小さくする上で好適である。

【0030】次に、本実施形態に係る負分散光ファイバ10の具体的な実施例について説明する。以下に説明する各実施例の光ファイバは何れも図2に示した屈折率プロファイルを有するものである。また、以下では、中心コア領域および第2クラッド領域それぞれの外径の比を R_a と表し、第1クラッド領域および第2クラッド領域それぞれの外径の比を R_b と表す。すなわち、 R_a および R_b それぞれは、

$$R_a = a/c \quad \dots (2a)$$

$$R_b = b/c \quad \dots (2b)$$

なる式で表される。

【0031】図3は、実施例の負分散光ファイバの波長分散と分散スロープとの関係を示すグラフである。この図では、中心コア領域の比屈折率差 Δ_1 を2.4%とし、第1クラッド領域の比屈折率差 Δ_2 を-0.5%とし、第2クラッド領域の比屈折率差 Δ_3 を0.2%とした。 $R_a = 0.20$ 、 $R_b = 0.48$ とし、 $R_a = 0.20$ 、 $R_b = 0.50$ とし、 $R_a = 0.20$ 、 $R_b = 0.52$ とし、 $R_a = 0.20$ 、 $R_b = 0.55$ とし、または、 $R_a = 0.20$ 、 $R_b = 0.60$ とした。そして、第2クラッド領域の外径 $2c$ を変化させて、波長 1550nm における波長分散 D_2 および分散スロープ S_2 それぞれの値を求め、両者の関係をグラフにした。

【0032】図4も、実施例の負分散光ファイバの波長分散と分散スロープとの関係を示すグラフである。この図では、中心コア領域の比屈折率差 Δ_1 を2.7%と

し、第1クラッド領域の比屈折率差 Δ_2 を-0.5%とし、第2クラッド領域の比屈折率差 Δ_3 を0.3%とした。 $R_a = 0.20$ 、 $R_b = 0.46$ とし、 $R_a = 0.20$ 、 $R_b = 0.50$ とし、 $R_a = 0.20$ 、 $R_b = 0.54$ とし、または、 $R_a = 0.20$ 、 $R_b = 0.60$ とした。そして、第2クラッド領域の外径 $2c$ を変化させて、波長 1550nm における波長分散 D_2 および分散スロープ S_2 それぞれの値を求め、両者の関係をグラフにした。

【0033】図5も、実施例の負分散光ファイバの波長分散と分散スロープとの関係を示すグラフである。この図では、中心コア領域の比屈折率差 Δ_1 を2.1%とし、第1クラッド領域の比屈折率差 Δ_2 を-0.5%とし、第2クラッド領域の比屈折率差 Δ_3 を0.2%とした。 $R_a = 0.20$ 、 $R_b = 0.46$ とし、 $R_a = 0.20$ 、 $R_b = 0.50$ とし、または、 $R_a = 0.20$ 、 $R_b = 0.54$ とした。そして、第2クラッド領域の外径 $2c$ を変化させて、波長 1550nm における波長分散 D_2 および分散スロープ S_2 それぞれの値を求め、両者の関係をグラフにした。

【0034】これら図3～図5それぞれにおけるハッチング領域は、波長 1550nm における波長分散 D_2 が -150ps/nm/km 以下であって、波長 1550nm における波長分散 D_2 と分散スロープ S_2 との比(S_2/D_2)が $2.0 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以上 $4.7 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以下である範囲を示す。これらの図から判るように、図2に示す屈折率プロファイルにおける各パラメータ(Δ_1 、 Δ_2 、 Δ_3 、 R_a 、 R_b 、 $2c$)の各値を適切に設計することにより、波長 1550nm における波長分散 D_2 を、 -150ps/nm/km 以下にすることができ、 -180ps/nm/km 以下にすることもでき、更には、 -200ps/nm/km 以下にすることもできる。また、波長 1550nm における波長分散 D_2 と分散スロープ S_2 との比(S_2/D_2)を、 $2.0 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以上 $4.7 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以下にすることもでき、 $2.7 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以上 $4.0 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以下にすることもできる。

【0035】図6は、実施例のファイバA～Gそれぞれの諸元を纏めた図表である。ファイバAおよびBそれぞれは図3中に示したものであり、ファイバC～Fそれぞれは図4中に示したものであり、ファイバGは図5中に示したものである。

【0036】ファイバAは、中心コア領域の比屈折率差 Δ_1 が2.4%であり、第1クラッド領域の比屈折率差 Δ_2 が-0.5%であり、第2クラッド領域の比屈折率差 Δ_3 が0.2%であり、 R_a が0.20であり、 R_b が0.52であり、第2クラッド領域の外径 $2c$ が $15.4\mu\text{m}$ である。このファイバAは、波長 1550nm において、波長分散 D_2 が -200ps/nm/km であり、分散スロープ S_2 が $-0.69\text{ps/nm}^2/\text{k}$

mであり、比 (S_2/D_2) が $3.5 \times 10^{-3}/\text{nm}$ であり、実効断面積が $17.5 \mu\text{m}^2$ であり、曲げ径 20mm の曲げ損失が 4dB/m であり、伝送損失が 0.52dB/km であり、カットオフ波長が $1.22 \mu\text{m}$ である。

【0037】ファイバBは、中心コア領域の比屈折率差 Δ_1 が 2.4% であり、第1クラッド領域の比屈折率差 Δ_2 が -0.5% であり、第2クラッド領域の比屈折率差 Δ_3 が 0.2% であり、 R_a が 0.20 であり、 R_b が 0.48 であり、第2クラッド領域の外径 $2c$ が $15.6 \mu\text{m}$ である。このファイバBは、波長 1550nm において、波長分散 D_2 が -185ps/nm/km であり、分散スロープ S_2 が $-0.43\text{ps/nm}^2/\text{km}$ であり、比 (S_2/D_2) が $2.3 \times 10^{-3}/\text{nm}$ であり、実効断面積が $17.7 \mu\text{m}^2$ であり、曲げ径 20mm の曲げ損失が 1dB/m であり、伝送損失が 0.51dB/km であり、カットオフ波長が $1.30 \mu\text{m}$ である。

【0038】ファイバCは、中心コア領域の比屈折率差 Δ_1 が 2.7% であり、第1クラッド領域の比屈折率差 Δ_2 が -0.5% であり、第2クラッド領域の比屈折率差 Δ_3 が 0.3% であり、 R_a が 0.20 であり、 R_b が 0.46 であり、第2クラッド領域の外径 $2c$ が $15.2 \mu\text{m}$ である。このファイバCは、波長 1550nm において、波長分散 D_2 が -182ps/nm/km であり、分散スロープ S_2 が $-0.39\text{ps/nm}^2/\text{km}$ であり、比 (S_2/D_2) が $2.1 \times 10^{-3}/\text{nm}$ であり、実効断面積が $14.8 \mu\text{m}^2$ であり、曲げ径 20mm の曲げ損失が 0.001dB/m であり、伝送損失が 0.65dB/km であり、カットオフ波長が $1.70 \mu\text{m}$ である。

【0039】ファイバDは、中心コア領域の比屈折率差 Δ_1 が 2.7% であり、第1クラッド領域の比屈折率差 Δ_2 が -0.5% であり、第2クラッド領域の比屈折率差 Δ_3 が 0.3% であり、 R_a が 0.20 であり、 R_b が 0.50 であり、第2クラッド領域の外径 $2c$ が $15.0 \mu\text{m}$ である。このファイバDは、波長 1550nm において、波長分散 D_2 が -189ps/nm/km であり、分散スロープ S_2 が $-0.58\text{ps/nm}^2/\text{km}$ であり、比 (S_2/D_2) が $3.1 \times 10^{-3}/\text{nm}$ であり、実効断面積が $14.4 \mu\text{m}^2$ であり、曲げ径 20mm の曲げ損失が 0.01dB/m であり、伝送損失が 0.66dB/km であり、カットオフ波長が $1.61 \mu\text{m}$ である。

【0040】ファイバEは、中心コア領域の比屈折率差 Δ_1 が 2.7% であり、第1クラッド領域の比屈折率差 Δ_2 が -0.5% であり、第2クラッド領域の比屈折率差 Δ_3 が 0.3% であり、 R_a が 0.20 であり、 R_b が 0.54 であり、第2クラッド領域の外径 $2c$ が $14.8 \mu\text{m}$ である。このファイバEは、波長 1550nm

mにおいて、波長分散 D_2 が -194ps/nm/km であり、分散スロープ S_2 が $-0.78\text{ps/nm}^2/\text{km}$ であり、比 (S_2/D_2) が $4.0 \times 10^{-3}/\text{nm}$ であり、実効断面積が $14.1 \mu\text{m}^2$ であり、曲げ径 20mm の曲げ損失が 0.06dB/m であり、伝送損失が 0.67dB/km であり、カットオフ波長が $1.51 \mu\text{m}$ である。

【0041】ファイバFは、中心コア領域の比屈折率差 Δ_1 が 2.7% であり、第1クラッド領域の比屈折率差 Δ_2 が -0.5% であり、第2クラッド領域の比屈折率差 Δ_3 が 0.3% であり、 R_a が 0.20 であり、 R_b が 0.54 であり、第2クラッド領域の外径 $2c$ が $14.6 \mu\text{m}$ である。このファイバFは、波長 1550nm において、波長分散 D_2 が -216ps/nm/km であり、分散スロープ S_2 が $-0.65\text{ps/nm}^2/\text{km}$ であり、比 (S_2/D_2) が $3.0 \times 10^{-3}/\text{nm}$ であり、実効断面積が $15.5 \mu\text{m}^2$ であり、曲げ径 20mm の曲げ損失が 0.2dB/m であり、伝送損失が 0.67dB/km であり、カットオフ波長が $1.49 \mu\text{m}$ である。

【0042】ファイバGは、中心コア領域の比屈折率差 Δ_1 が 2.1% であり、第1クラッド領域の比屈折率差 Δ_2 が -0.5% であり、第2クラッド領域の比屈折率差 Δ_3 が 0.2% であり、 R_a が 0.20 であり、 R_b が 0.50 であり、第2クラッド領域の外径 $2c$ が $17.0 \mu\text{m}$ である。このファイバGは、波長 1550nm において、波長分散 D_2 が -206ps/nm/km であり、分散スロープ S_2 が $-0.68\text{ps/nm}^2/\text{km}$ であり、比 (S_2/D_2) が $3.3 \times 10^{-3}/\text{nm}$ であり、実効断面積が $21.3 \mu\text{m}^2$ であり、曲げ径 20mm の曲げ損失が 9.7dB/m であり、伝送損失が 0.49dB/km であり、カットオフ波長が $1.37 \mu\text{m}$ である。

【0043】以上の実施例のファイバA～Gそれぞれは、何れも、波長 1550nm において、波長分散 D_2 が -180ps/nm/km 以下であり、波長分散 D_2 と分散スロープ S_2 との比 (S_2/D_2) が $2.0 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以上 $4.7 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以下であり、実効断面積が $12 \mu\text{m}^2$ 以上 $25 \mu\text{m}^2$ 未満であり、伝送損失が 0.7dB/km 以下であり、カットオフ波長が $1.0 \mu\text{m}$ 以上 $2.0 \mu\text{m}$ 以下である。特に、ファイバAおよびFそれぞれは、波長分散 D_2 が -200ps/nm/km 以下である。また、特に、ファイバA、D、EおよびFそれぞれは、比 (S_2/D_2) が $2.7 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以上 $4.0 \times 10^{-3}/\text{nm}$ 以下である。また、第2クラッド領域の比屈折率差 Δ_3 が 0.3% であるファイバD～Fそれぞれは、比屈折率差 Δ_3 が 0.2% であるファイバAおよびBと比較して、実効断面積が小さく、 20mm の曲げ損失が小さく、カットオフ波長が長い。

【0044】図7は、実施例のファイバAおよびBそれ

それぞれの波長分散特性を示すグラフである。図 8 は、実施例のファイバ C～F それぞれの波長分散特性を示すグラフである。図 9 は、実施例のファイバ G の波長分散特性を示すグラフである。図 10 は、実施例のファイバ A および B それぞれを用いた光伝送路の波長分散特性を示すグラフである。図 11 は、実施例のファイバ C～F それぞれを用いた光伝送路の波長分散特性を示すグラフである。図 12 は、実施例のファイバ G を用いた光伝送路の波長分散特性を示すグラフである。また、図 13 は、実施例のファイバ A～G それぞれを用いた光伝送路の諸特性を纏めた図表である。

【0045】図 10～図 13 それぞれにおいて、光伝送路を構成する一方の正分散光ファイバは、波長 1550 nm において、波長分散が $+17 \text{ ps/nm/km}$ であり、分散スロープが $+0.057 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ であり、長さが 80 km である。また、図 13 に示した挿入損失は、実施例のファイバ A～G それぞれをモジュール化した上で両端に通常の短尺の正分散光ファイバを接続した場合の当該接続損失をも含む。

【0046】ファイバ A を含む光伝送路では、ファイバ A の長さが 7.4 km であり、波長 1550 nm における挿入損失が 4.8 dB であり、波長帯域 1530 nm～1560 nm における波長分散の偏差が 0.35 ps/nm/km であり、波長帯域 1450 nm～1560 nm における波長分散の偏差が 0.94 ps/nm/km であり、波長帯域 1450 nm～1610 nm における波長分散の偏差が 1.62 ps/nm/km である。

【0047】ファイバ B を含む光伝送路では、ファイバ B の長さが 7.6 km であり、波長 1550 nm における挿入損失が 4.9 dB であり、波長帯域 1530 nm～1560 nm における波長分散の偏差が 0.32 ps/nm/km であり、波長帯域 1450 nm～1560 nm における波長分散の偏差が 0.80 ps/nm/km であり、波長帯域 1450 nm～1610 nm における波長分散の偏差が 3.18 ps/nm/km である。

【0048】ファイバ C を含む光伝送路では、ファイバ C の長さが 7.6 km であり、波長 1550 nm における挿入損失が 5.9 dB であり、波長帯域 1530 nm～1560 nm における波長分散の偏差が 0.49 ps/nm/km であり、波長帯域 1450 nm～1560 nm における波長分散の偏差が 1.51 ps/nm/km であり、波長帯域 1450 nm～1610 nm における波長分散の偏差が 3.64 ps/nm/km である。

【0049】ファイバ D を含む光伝送路では、ファイバ D の長さが 7.5 km であり、波長 1550 nm における挿入損失が 6.0 dB であり、波長帯域 1530 nm～1560 nm における波長分散の偏差が 0.04 ps/nm/km であり、波長帯域 1450 nm～1560 nm における波長分散の偏差が 0.44 ps/nm/km であり、波長帯域 1450 nm～1610 nm にお

る波長分散の偏差が 1.72 ps/nm/km である。

【0050】ファイバ E を含む光伝送路では、ファイバ E の長さが 7.4 km であり、波長 1550 nm における挿入損失が 6.0 dB であり、波長帯域 1530 nm～1560 nm における波長分散の偏差が 0.48 ps/nm/km であり、波長帯域 1450 nm～1560 nm における波長分散の偏差が 0.88 ps/nm/km であり、波長帯域 1450 nm～1610 nm における波長分散の偏差が 1.02 ps/nm/km である。

【0051】ファイバ F を含む光伝送路では、ファイバ F の長さが 6.6 km であり、波長 1550 nm における挿入損失が 5.4 dB であり、波長帯域 1530 nm～1560 nm における波長分散の偏差が 0.10 ps/nm/km であり、波長帯域 1450 nm～1560 nm における波長分散の偏差が 0.41 ps/nm/km であり、波長帯域 1450 nm～1610 nm における波長分散の偏差が 2.10 ps/nm/km である。

【0052】ファイバ G を含む光伝送路では、ファイバ G の長さが 7.0 km であり、波長 1550 nm における挿入損失が 4.4 dB であり、波長帯域 1530 nm～1560 nm における波長分散の偏差が 0.43 ps/nm/km であり、波長帯域 1450 nm～1560 nm における波長分散の偏差が 1.88 ps/nm/km であり、波長帯域 1450 nm～1610 nm における波長分散の偏差が 3.13 ps/nm/km である。

【0053】以上の実施例のファイバ A～G それぞれを含む光伝送路は、波長帯域 1530 nm～1560 nm における全体の平均の波長分散の偏差が 0.5 ps/nm/km 以下であり、波長帯域 1450 nm～1560 nm における全体の平均の波長分散の偏差が 2.0 ps/nm/km 以下であり、また、波長帯域 1450 nm～1610 nm における全体の平均の波長分散の偏差が 4.0 ps/nm/km 以下である。また、実施例のファイバ A、D および E それぞれを含む光伝送路は、波長帯域 1450 nm～1610 nm における全体の平均の波長分散の偏差が 2.0 ps/nm/km 以下である。

【0054】

【発明の効果】以上、詳細に説明したとおり、本発明に係る負分散光ファイバによれば、波長分散 D が小さい

(符号が負で絶対値が大きい) ので、正分散光ファイバと負分散光ファイバとが接続されてなる光伝送路において、負分散光ファイバの長さ比を小さくすることができる。これにより、光伝送路の平均伝送損失を小さくすることができ、また、低コスト化を図ることができる。また、負分散光ファイバの波長分散 D と分散スロープ S との比 (S/D) が $2.0 \times 10^{-3} / \text{nm}$ 以上 $4.7 \times 10^{-3} / \text{nm}$ 以下であることにより、分散スロープ補償率が 60%～140%程度になり、これにより、光伝送路の全体の平均の波長分散および分散スロープそれぞれの絶対値を共に小さくすることができ、信号光波長帯域に

おける光伝送路の全体の平均波長分散の偏差（最大値－最小値）を小さくすることができる。また、実効断面積が $12 \mu\text{m}^2$ 以上であれば、従来のものと同程度以上であり、負分散光ファイバにおける非線形光学現象の発生が抑制される。実効断面積が $25 \mu\text{m}^2$ 未満（より好適には $20 \mu\text{m}^2$ 未満）であれば、複数のものが束ねられてケーブル化された場合や、コイル状に巻かれモジュール化された場合であっても、負分散光ファイバの損失が小さい。

【0055】また、比 (S/D) が $2.7 \times 10^{-3}/\text{n}$ 以上 $4.0 \times 10^{-3}/\text{n}$ 以下である場合には、分散スロープ補償率が $80\% \sim 120\%$ 程度になり、これにより、光伝送路の全体の平均の波長分散および分散スロープそれぞれの絶対値を共に更に小さくすることができる。信号光波長帯域における光伝送路の全体の平均波長分散の偏差を更に小さくすることができる。また、カットオフ波長が $1.0 \mu\text{m}$ 以上 $2.0 \mu\text{m}$ 以下である場合には、負分散光ファイバの曲げ損失を小さくすることができる。また、波長 1550 nm における伝送損失が 1.0 dB/km 以下（より好適には 0.7 dB/km 以下）である場合には、光伝送路の全体の平均伝送損失を小さくすることができる。

【0056】本発明に係る光伝送路は、波長 1550 nm において波長分散が $+15 \text{ ps/nm/km}$ 以上 $+21 \text{ ps/nm/km}$ 以下であり分散スロープが $+0.05 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以上 $+0.07 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下である正分散光ファイバと、上記の本発明に係る負分散光ファイバとが接続されてなる。この光伝送路は、信号光波長帯域において波長分散および分散スロープの双方が小さい（符号が負で絶対値が大きい）負分散光ファイバを用いて正分散光ファイバの波長分散を補償するものである。これにより、光伝送路の全体における負分散光ファイバの長さ比を小さくして、光伝送路の全体の伝送損失を小さくすることができる。また、この光伝送路は、波長分散および分散スロープの双方が補償されるので、信号光波長帯域に亘って全体の波長分散の絶対値を小さくことができ、WDM伝送の長距離化・大容

量化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態に係る光伝送路の概略構成図である。

【図2】本実施形態に係る負分散光ファイバの屈折率プロファイルを示す図である。

【図3】実施例の負分散光ファイバの波長分散と分散スロープとの関係を示すグラフである。

【図4】実施例の負分散光ファイバの波長分散と分散スロープとの関係を示すグラフである。

【図5】実施例の負分散光ファイバの波長分散と分散スロープとの関係を示すグラフである。

【図6】実施例のファイバA～Gそれぞれの諸元を纏めた図表である。

【図7】実施例のファイバAおよびBそれぞれの波長分散特性を示すグラフである。

【図8】実施例のファイバC～Fそれぞれの波長分散特性を示すグラフである。

【図9】実施例のファイバGの波長分散特性を示すグラフである。

【図10】実施例のファイバAおよびBそれぞれを用いた光伝送路の波長分散特性を示すグラフである。

【図11】実施例のファイバC～Fそれぞれを用いた光伝送路の波長分散特性を示すグラフである。

【図12】実施例のファイバGを用いた光伝送路の波長分散特性を示すグラフである。

【図13】実施例のファイバA～Gそれぞれを用いた光伝送路の諸特性を纏めた図表である。

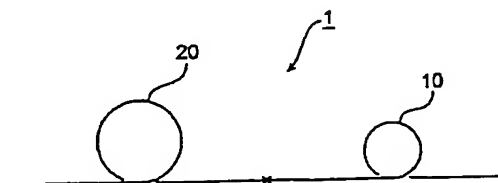
【図14】従来の負分散光ファイバの屈折率プロファイルを示す図である。

【図15】従来の負分散光ファイバと正分散光ファイバとが接続されて構成される光伝送路の全体の平均波長分散特性を示す図である。

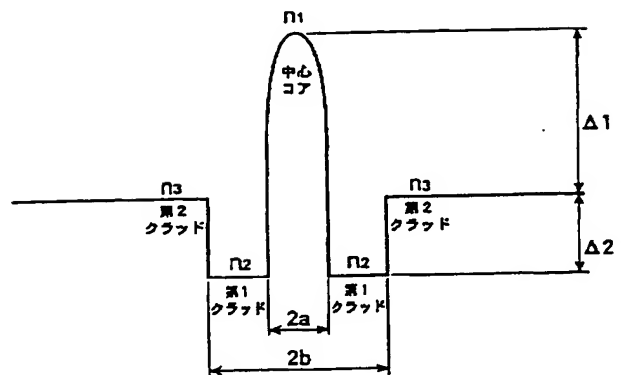
【符号の説明】

1…光伝送路、10…負分散光ファイバ、20…正分散光ファイバ。

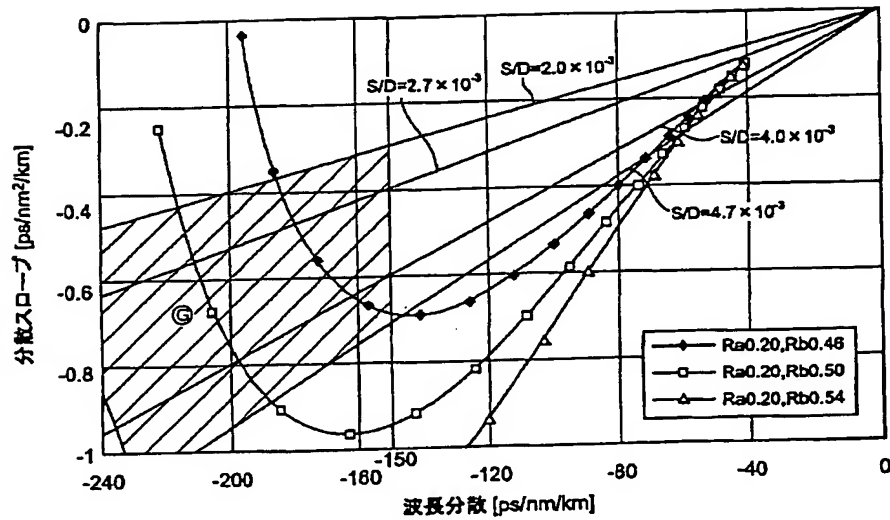
【図1】



【図 14】



【図 5】



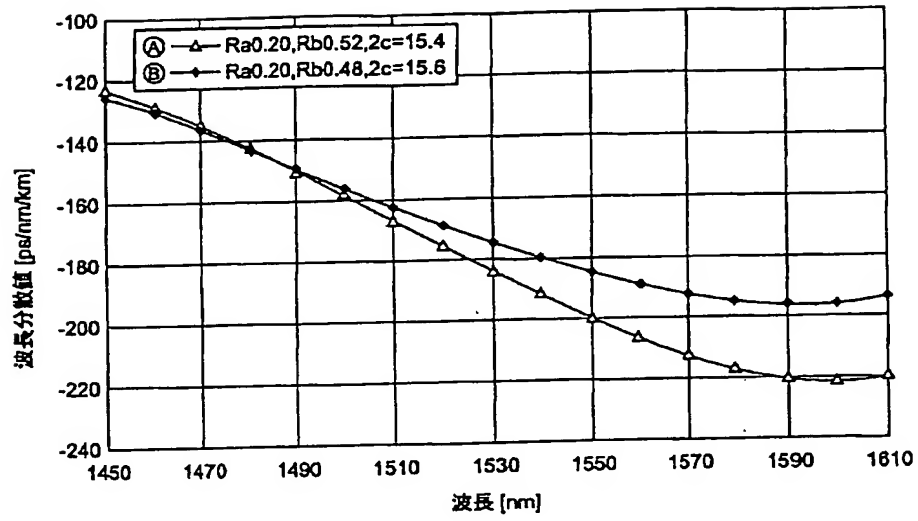
【図 6】

	771A	771B	771C	771D	771E	771F	771G
Δ_1 (%)	2.4	2.4	2.7	2.7	2.7	2.7	2.1
Δ_2 (%)	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Δ_3 (%)	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
Ra	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Rb	0.52	0.48	0.46	0.50	0.54	0.54	0.50
2c (μm)	15.4	15.6	15.2	15.0	14.8	14.6	17.0
波長分散 D_1 (ps/nm/km)	-200	-185	-182	-189	-194	-216	-206
分散スロープ S_1 (ps/nm²/km)	-0.69	-0.43	-0.39	-0.58	-0.78	-0.85	-0.68
S_1/D_1 (/nm)	3.5×10^{-3}	2.3×10^{-3}	2.1×10^{-3}	3.1×10^{-3}	4.0×10^{-3}	3.0×10^{-3}	3.3×10^{-3}
実効断面積 (μm^2)	17.5	17.7	14.8	14.4	14.1	15.5	21.3
20mm ϕ 曲げ損失 (dB/n)	4	1	0.001	0.01	0.06	0.2	9.7
伝送損失 (dB/km)	0.52	0.51	0.65	0.66	0.67	0.67	0.49
カットオフ波長 (μm)	1.22	1.30	1.70	1.61	1.61	1.49	1.37

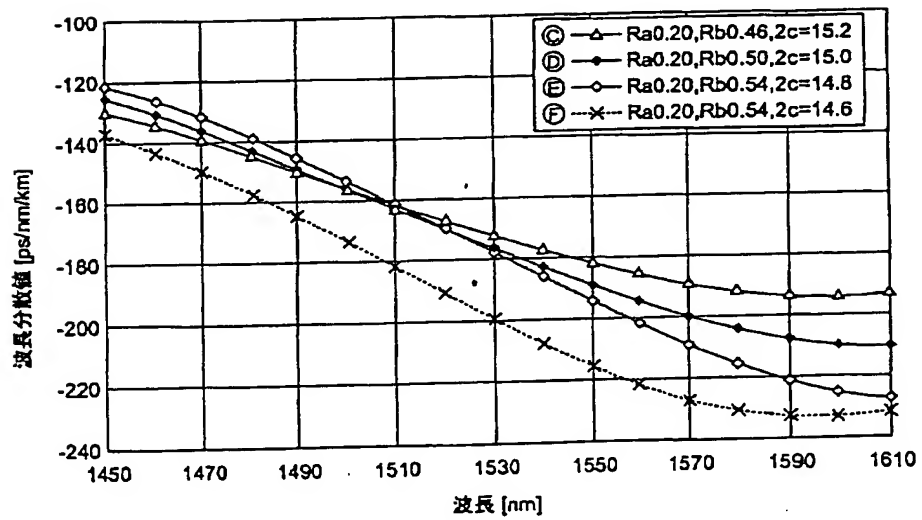
【図 13】

	771A	771B	771C	771D	771E	771F	771G
接続ファイバ長 (km)	7.4	7.6	7.6	7.5	7.4	6.6	7.0
挿入損失 (dB)	4.8	4.9	5.9	6.0	6.0	5.4	4.4
波長分散の偏差 (ps/nm/km)							
1530nm~1560nm	0.35	0.32	0.49	0.04	0.48	0.10	0.43
1450nm~1560nm	0.94	0.80	1.61	0.44	0.68	0.41	1.88
1450nm~1610nm	1.62	3.18	3.64	1.72	1.02	2.10	3.13

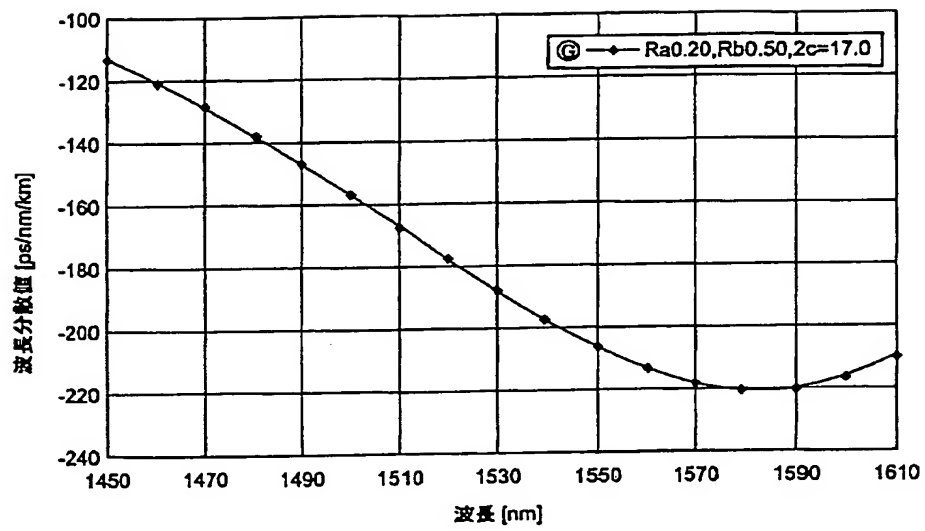
【図 7】



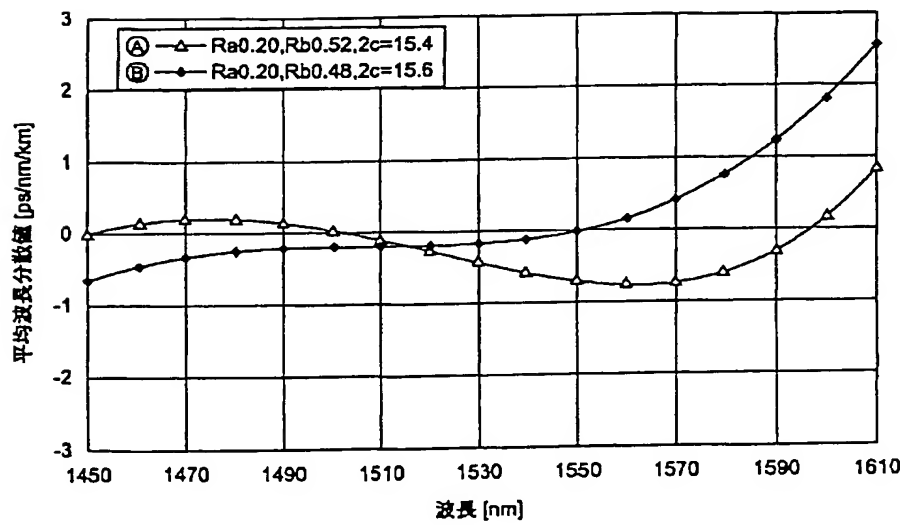
【図 8】



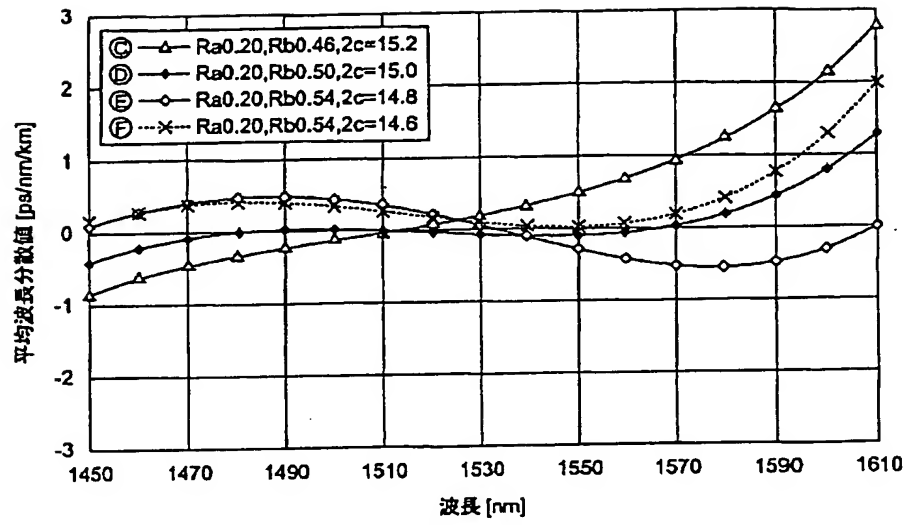
【図9】



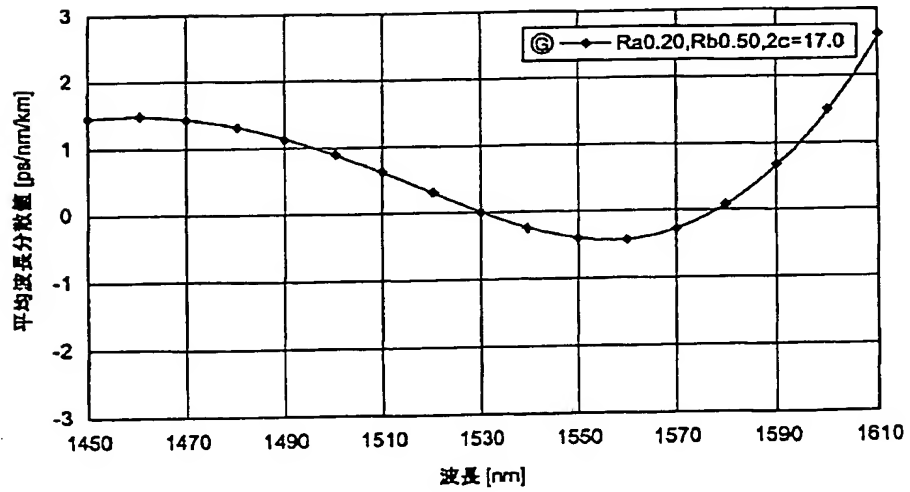
【図10】



【図 1 1】



【図 1 2】



【図15】

